

# **РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

УДК 621.928.8

Абдуллаев Ж. О., Назаров С. Л., Коняев А. Ю.  
Уральский федеральный университет,  
zhahongir1@mail.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРОВ С ЛИНЕЙНЫМ ИНДУКТОРОМ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ЧАСТОТАХ ПИТАНИЯ**

Развитие технологий вторичной цветной металлургии выгодно с точки зрения экономики и экологии, поскольку они дают комплексный энерго- и ресурсосберегающий эффект [1]. Вторичное использование металлов позволяет сократить потребление природных ресурсов. В то же время на производство товарного продукта из вторичных металлов требуется значительно меньше энергии, чем на аналогичное производство из первичного сырья. Например, на получение вторичного алюминия тратится в 20 раз меньше энергии, чем на электролитическое получение его из криолит-глиноземных расплавов. Кроме того, технологические процессы в цветной металлургии характеризуются большим количеством пылегазовых выбросов в атмосферу, сточных вод и разнообразных видов твердых отходов (хвосты обогащения, шлаки и шламы металлургических переделов, отходы металлообработки и т. д.). Экологическая обстановка в районах предприятий цветной металлургии наиболее напряженная. Постоянное обеднение руд цветных металлов обуславливает тенденцию к дальнейшему увеличению энергопотребления и росту количества отходов на единицу металлургической продукции. Сказанное приводит к необходимости все более широкого использования вторичных цветных металлов.

По данным [1], в 2006 году мировое производство первичного алюминия составило 32,8 млн т, вторичного – 16,0 млн т. Источниками вторичного алюминия являются промышленные и технологические отходы, а также амортизационный лом, доля которого превысила 7 млн т (более 40 % всего вторичного сырья). Предполагается, что мировой сбор амортизационного лома к 2020 году удвоится. Указанные тенденции вполне можно распространить на Россию, поэтому проблемы сбора лома и отходов цветных металлов являются актуальными. К сожалению, значительная часть металла, попадающего в смешанные твердые отходы производства и потребления, безвозвратно теряется в связи с отсутствием предприятий по сортировке отходов. Например, на долю твердых бытовых отходов в 90-е годы приходилось до 60 % безвозвратно теряемого алюминия. Другая проблема связана с тем, что лом цветных металлов поступает на перерабатывающие предприятия в несортированном виде, и его непосредственная плавка будет сопровождаться большими потерями металла и низким качеством выплавляемых сплавов.

Одним из путей решения данных экономических и экологических проблем является развитие технологий сбора и обработки цветного металлолома, в том числе с помощью электродинамических сепараторов.

Электродинамические сепараторы – устройства, предназначенные для решения следующих технологических задач.

- Извлечение лома цветных металлов из твердых бытовых или смешанных отходов.
- Отделение металлической фракции от неметаллической в сложных отходах цветных металлов (отходы электро- и радиотехнической промышленности, электролампового производства, автомобильный лом и т. п.).
- Очистка сыпучих материалов от металлических включений (например, очистка отработанных формовочных смесей от скрапа в литейном производстве).
- Сортировка сложного цветного металлолома при подготовке его к металлургическому переделу: разделение лома по крупности, удельному весу, электропроводности (например, отделение кускового лома от стружки, разделение сплавов, отличающихся только легирующими добавками).

Конструктивно электродинамические сепараторы разделяются по способу возбуждения поля (устройства с линейным индуктором, вращающимся индуктором с постоянными магнитами или электромагнитами; индукторный) и способам подачи и отвода сепарируемых материалов (по конвейеру, по наклонной плоскости и т. п.).

Электродинамический сепаратор с бегущим магнитным полем работает по принципу линейного асинхронного двигателя, вторичным элементом которого является извлекаемая частица металла. Электромагнитные процессы в этих устройствах крайне сложны, что требует, помимо разработки расчетных методик, их подтверждения экспериментальными данными. С этой целью была создана лабораторная установка электродинамического сепаратора (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид сепаратора и преобразователя частоты

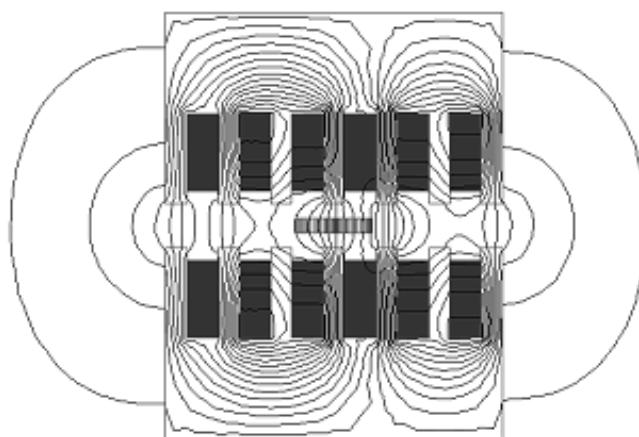


Рис. 2. Расчетная область МКЭ для ВЭ 25×25×5 мм

Расчет усилия, действующего на извлекаемую частицу, производился на основе аналитической модели электродинамического сепаратора [2] и с помощью пакета *ELCUT*. При использовании пакета *ELCUT* замыкание вторичных токов в пределах короткого ВЭ моделируется его разбиением на ряд участков и соединением их внешней электрической цепью. Расчетная область метода конечных элементов представлена на рис. 2.

Каждый из методов имеет допущения, не позволяющие учитывать различные особенности линейной электрической машины. Так, аналитическая модель косвенно учитывает изменение магнитного поля по высоте воздушного зазора индуктора. Расчет с помощью пакета *ELCUT* не отражает особенностей замыкания индуцированных токов в проводящей частице. Таким образом, каждый метод имеет свои ограничения и требует оценки точности расчетов.

По этой причине было проведено сопоставление результатов расчетов обоими способами. Некоторые результаты такого сопоставления в виде зависимости усилия от частоты поля приведены на рис. 3 ( $a, b$  – ширина и длина пластин;  $\tau$  – полюсное деление индуктора). Видно, что расчеты по [1] (сплошные линии) и расчеты с помощью *ELCUT* (зачерненные круглые маркеры) дают достаточно близкие результаты.

Помимо расчетов зависимости усилия извлечения от частоты питания индуктора, проводилось и экспериментальное определение этих зависимостей. Экспериментальные значения приведены также на рис. 3 и обозначены квадратными незачерненными маркерами. Некоторый разброс экспериментальных значений относительно расчетных можно отнести как к несовершенству измерительной базы, так и к значительному нагреву вторичного элемента (извлекаемой частицы) при повышенных частотах.

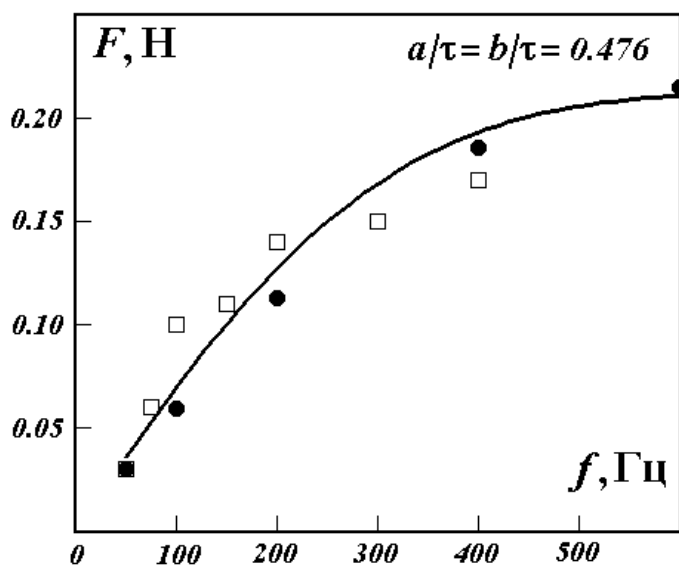


Рис. 3. К оценке методик расчета

Таким образом, исследование созданной авторами лабораторной установки электродинамического сепаратора позволило оценить достоверность расчетных методик.

#### Список литературы

1. Электродинамические сепараторы с бегущим магнитным полем: основы теории и расчета: учебное пособие / А. Ю. Коняев, И. А. Коняев, Н. Е. Маркин, С. Л. Назаров. Екатеринбург : УрФУ, 2012. 104 с.
2. Коняев А. Ю., Назаров С. Л. Исследование характеристик электродинамических сепараторов на основе двумерной модели // Электротехника. 1998. № 5. С. 52–58.